

Best Available Copy

JP405266429A

Oct. 15, 1993

L1: 11 of 28

THIN FILM MAGNETIC

HEAD

INVENTOR: YOSHIDA, MAKOTO
FUKUDA, KAZUMASA
MATSUZAKI, MIKIO
APPLICANT: TDK CORP
APPL NO: JP 04091622
DATE FILED: Mar. 17, 1992
INT-CL: G11B5/31; G11B5/60

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a thin film magnetic head which is contrived a counter measure to high recording density by eliminating undershoot without sacrificing an overwrite characteristic, enabling application of a partial response method and also sharpening a magnetic field distribution and a reproducing wave form.

CONSTITUTION: A thin film magnetic conversion element 2 is partially eliminated the respective tip parts of pole parts P1, P1 at the opposite sides in the direction where the gap film 22 is present on. The remained tip thickness PL1, PL2 appearing on air bearing surfaces 103, 104 is $\leq 1\mu\text{m}$ and the sum (PL1+PL2+g1) of the tip thickness and a thickness g1 of a gap film 22 is $\leq 2.5\mu\text{m}$.

COPYRIGHT: (C)1993, JPO&Japio

67804

特開平5-266429

(43)公開日 平成 5 年(1993)10月15日

(51)Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 5/31		M 7247-5D		
5/60		Z 9197-5D		

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-91622

(22)出願日 平成 4 年(1992) 3 月17日

(71)出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社
東京都中央区日本橋 1 丁目13番 1 号

(72)発明者 吉田 誠

東京都中央区日本橋 1 丁目13番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 福田 一正

東京都中央区日本橋 1 丁目13番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 松崎 幹男

東京都中央区日本橋 1 丁目13番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

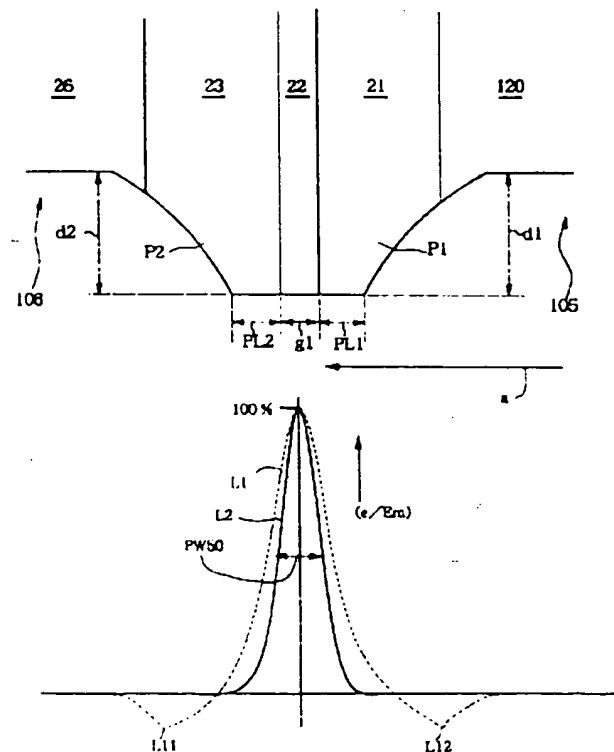
(74)代理人 弁理士 阿部 美次郎

(54)【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド

(57)【要約】

【目的】オーバライト特性を犠牲にすることなしに、アンダーシュートをなくし、パーシャルレスポンス法が適用できるようにすると共に、磁界分布及び再生波形を鋭化し、高記録密度対応を図った薄膜磁気ヘッドを提供する。

【構成】薄膜磁気変換素子2は、ポール部P1、P2のそれぞれの先端部がギャップ膜22のある方向とは反対側が部分的に削除されている。空気ベアリング面103、104に現れる残りの先端厚みPL1、PL2は1μm以下であり、先端厚みとギャップ膜22の厚みg1との総和(PL1+PL2+g1)は2.5μm以下である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 スライドに薄膜磁気変換素子を付着させた薄膜磁気ヘッドであって、

前記スライドは、媒体対向面側に空気ベアリング面を有しており、

前記薄膜磁気変換素子は、下部磁性膜、上部磁性膜及びコイル膜を含む薄膜磁気回路を有しており、前記下部磁性膜及び前記上部磁性膜はギャップ膜を介して対向する下部ボール部及び上部ボール部を有しており、前記ボール部のそれぞれの先端部は、前記ギャップ膜のある方向とは反対側が部分的に削除され前記空気ベアリング面に現れる残りの先端厚みが $1\mu\text{m}$ 以下であり、前記ボール部のそれぞれの前記先端厚みと前記ギャップ膜の厚みとの総和は $2.5\mu\text{m}$ 以下である薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記ボール部の前記先端部は、幅方向の端部が削除されている請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、薄膜磁気ヘッドに関し、更に詳しくは、オーバライト特性を犠牲にすることなしに、アンダーシュートをなくし、パーシャルレスポンス法が適用できるようにすると共に、磁界分布及び再生波形を鋭化し、高記録密度対応を図るための改良に係る。

【0002】

【従来の技術】薄膜磁気ヘッドの基本的な構成は、例えば米国特許第4,856,181号明細書などで知られるように、セラミック構造体でなるスライドの媒体対向面側に、間隔を置いてレール部を設け、レール部の表面を高度の平面度を有する空気ベアリング面とすると共に、レール部の空気流出方向の端部に、薄膜磁気変換素子を付着した構造となっている。薄膜磁気変換素子は、IC製造テクノロジーと同様のプロセスに従って形成された薄膜素子であり、下部磁性膜、ギャップ膜、上部磁性膜、コイル膜、層間絶縁膜及び保護膜などを集積した構造となっている。下部磁性膜及び上部磁性膜は、先端部がギャップ膜を介して対向する下部ボール部及び上部ボール部となっていて、これらのボール部及びギャップ膜により、変換ギャップを構成している。

【0003】薄膜磁気ヘッドは、主として、コンピュータの記憶装置を構成する磁気ディスク装置に用いられるものであり、高記録密度に対応できるものでなければならない。高記録密度に対応するためには、再生波形を鋭化し、隣接パルスの相互干渉を防止する必要がある。再生波形の鋭化の程度はPW50値によって評価する。再生波形を鋭化するためには薄膜磁気ヘッドの磁界分布を鋭化しなければならない。磁界分布は、主として、ボール部の長さ(厚み)及びギャップ長によって定まる。

【0004】また、再生波形のピークシフトを抑え、読

み出しのエラーマージンもしくは位相マージンを大きくすることが必要である。高記録密度が得られるパーシャルレスポンス法の適用可能な規則的な再生波形が得られるようにすることも重要である。

【0005】上述のような要件を満たした上で、所定の書き込み能力を確保しなければならない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の薄膜磁気ヘッドでは、ボール部の端面の先端厚みは、製造工程において形成される磁性膜厚によって定まるから、製造工程によって得られる以上には、磁界分布を鋭化することができない。このため、再生波形及び磁界分布をより一層鋭化することが困難で、高記録密度を達成する上の一つの大きな障害になっていた。

【0007】しかも、再生波形はボール部の端縁に対応する位置で、擬似パルスに起因するアンダーシュートを生じる。アンダーシュートは、ボール部厚みが有限な薄膜磁気ヘッドにおいて、特に特徴的に現れる。アンダーシュートの存在は、高記録密度の場合、ピークシフトを大きくするため、読み出しのエラーマージンもしくは位相マージンに限界を生じ、高記録密度の大きな障害となるとともに、パーシャルレスポンス法適用の障害にもなる。

【0008】ボール部の厚みを小さくすれば、再生波形及び磁界分布を鋭化できる。しかしながら、ボール部の厚みを小さくすると、発生磁界強度が小さくなるため、書き込み能力が低下し、オーバライト特性が劣化する。

【0009】そこで、本発明の課題は、書き込み能力を実質的に犠牲にすることなしに、アンダーシュートをなくし、磁界分布及び再生波形を鋭化して、高記録密度対応を図った薄膜磁気ヘッドを提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述した課題解決のため、本発明は、スライドに薄膜磁気変換素子を付着させた薄膜磁気ヘッドであって、前記スライドは、媒体対向面側に空気ベアリング面を有しており、前記薄膜磁気変換素子は、下部磁性膜、上部磁性膜及びコイル膜を含む薄膜磁気回路を有しており、前記下部磁性膜及び前記上部磁性膜はギャップ膜を介して対向する下部ボール部及び上部ボール部を有しており、前記ボール部のそれぞれの先端部は前記ギャップ膜のある方向とは反対側が部分的に削除され前記空気ベアリング面に現れる残りの先端厚みが $1\mu\text{m}$ 以下であり、前記ボール部のそれぞれの前記先端厚みと前記ギャップ膜の厚みとの総和は $2.5\mu\text{m}$ 以下である。

【0011】

【作用】ギャップ膜を介して対向する下部ボール部及び上部ボール部のそれぞれの先端部は、ギャップ膜のある方向とは反対側が部分的に削除されているから、磁気変換に寄与するボール部の先端厚み(長さ)が、削除され

て空気ベアリング面に現れる残りの先端厚みまで縮小する。このため、磁界分布及び再生波形が鋭化される。従って、高記録密度再生が可能になる。

【0012】しかも、下部ボール部及び上部ボール部のそれぞれは、ギャップ膜のある方向とは反対側が部分的に削除されているから、ボール部の磁気特性を、磁気記録媒体の走行方向に徐々に低下させたのと実質的に同様の作用が得られる。このため、アンダーシュートが無視できる程度に弱められ、パーシャルレスポンス法が適用できるようになる。

【0013】ボール部は先端部が部分的に削除されるのみで、削除された部分以外の大部分は、本来のボール部厚みを保持しているから、書き込み能力を確保できる。このため、オーバーライト特性を犠牲にすることがない。

【0014】上述の磁界分布、再生波形の鋭化及びアンダーシュートの抑制作用は、削除されて空気ベアリング面に残った先端厚み（長さ）、及び、ギャップ膜厚み（長さ）に依存し、先端厚みが $1\mu\text{m}$ 以下で、それぞれの先端厚みと、ギャップ膜の厚みとの総和が $2.5\mu\text{m}$ 以下であるときに、特に顕著に現れる。

【0015】削除による後退量は $0.001\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の範囲、好ましくは $0.001\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ の範囲に設定する。後退量が $5\mu\text{m}$ を超えるとオーバーライト特性が劣化し、 $0.001\mu\text{m}$ 以下ではPW50値が急激に大きくなるからである。

【0016】国内先行技術文献として、特開昭60-74111号公報は、磁性層の先端部が所定の長さ、所定の厚さだけ除去されている薄膜磁気ヘッドを開示し、また、特開昭61-210510号公報、特開昭61-237216号公報及び特開昭61-237217号公報は、磁極層の先端部に突起部を形成する薄膜磁気ヘッドの製造方法を開示している。しかしながら、これらの先行技術文献には、ボール部磁界分布及び再生波形の鋭化と共に、書き込み能力を確保し、オーバーライト特性の優れた高記録密度用薄膜磁気ヘッドを得るために必須の、先端厚み寸法及びその後退量についての開示がない。

【0017】

【実施例】図1は本発明に係る薄膜磁気ヘッドの斜視図、図2は図1に示した薄膜磁気ヘッドの磁気変換素子部分の拡大斜視図、図3は図1に示した薄膜磁気ヘッドの磁気変換素子部分の拡大断面図、図4は図1に示した薄膜磁気ヘッドのボール部の拡大図である。各図において、寸法は誇張されている。図を参照すると、スライダ1は媒体対向面側にレール部101、102を有している。レール部101、102は表面が空気ベアリング面103、104を構成している。レール部101、102は2本に限らない、1本または3本設けられることもある。

【0018】薄膜磁気変換素子2は、レール部101、102の一方または両者に対し、その空気流出方向aの

端部に設けられている。薄膜磁気変換素子2の構造は、図3に詳細に示されている。図3において、スライダ1は、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 等で構成される基体部分110に、 Al_2O_3 等である絶縁膜120をスパッタ等の手段によって付着させた構造となっていて、薄膜磁気変換素子2は絶縁膜120の上に設けられている。薄膜磁気変換素子2はIC製造テクノロジーと同様のプロセスにしたがって形成された薄膜素子である。21はパーマロイ等である下部磁性膜、22は Al_2O_3 等で形成されたギャップ膜、23はパーマロイ等である上部磁性膜、24はコイル膜、251~253はフォトリソ等で形成された膜間絶縁膜、26は Al_2O_3 等の保護膜、27、28はリード導体である。

【0019】下部磁性膜21及び上部磁性膜23は、先端部がギャップ膜22を介して対向する下部ボール部P1及び上部ボール部P2となっている。下部ボール部P1及び上部ボール部P2の後方にはヨーク部211、231が連続しており、ヨーク部211、231は後方の結合部において磁気回路を完成するように互いに結合されている。コイル膜24は結合部のまわりを渦巻状にまわるように形成されている。コイル膜24の両端はリード導体27、28に接続されている。リード導体27、28は取出電極41、42を形成する領域まで導出され、その端部に取出電極41、42が形成されている。取出電極41、42の周りは薄膜磁気変換素子2の全体を保護する保護膜26によって覆われている。

【0020】図4を参照すると、下部ボール部P1は、ギャップ膜22のある方向とは反対側が凹部105によって部分的に削除され、上部ボール部P2は、ギャップ膜22のある方向とは反対側が凹部106によって部分的に削除されている。凹部105、106は、下部ボール部P1、上部ボール部P2の先端部に部分的にかかるように設け、後退量 d_1 、 d_2 を持って段差状に後退させてある。上述のような凹部105、106は、マスク及びイオンミリングの併用またはケミカルエッチングによって形成できる。凹部105、106は適当な充填材によって埋めることもできる。凹部105、106は側面が傾斜面となるように形成するのが望ましい。傾斜面であると、読み書き動作時に発生する摺動ダスト、塵埃等が残留したり、堆積したりすることがない、側面の傾斜形状は、図示の弧状に限らず、一定の傾斜角度で傾斜する平面であってもよい。

【0021】ボール部P1、P2の削除された残りの先端厚み PL_1 、 PL_2 は $1\mu\text{m}$ 以下であり、ボール部P1、P2のそれぞれの先端厚み PL_1 、 PL_2 と、ギャップ膜22の厚み g_1 との総和（ $PL_1+PL_2+g_1$ ）が $2.5\mu\text{m}$ 以下となるように選定されている。薄膜磁気ヘッドの場合、ボール部P1、P2は厚みが $3\mu\text{m}$ 前後となるので、ボール部P1、P2の削除量は、この厚み内で、先端厚み PL_1 、 PL_2 の和（ PL_1+P

10

20

30

40

50

L2)が $2\mu\text{m}$ 以下となるように設定する。ギャップ膜22の厚みは $0.25\sim 0.5\mu\text{m}$ である。

【0022】上述のように、空気ベアリング面上でギャップ膜22を介して対向する下部ボール部P1及び上部ボール部P2のそれぞれが、ギャップ膜22のある方向とは反対側が部分的に削除されているから、磁気変換に寄与するボール部P1、P2の先端厚み(長さ)が、実質的に、削除された残りの先端厚みPL1、PL2によって定まる値まで縮小する。このため、磁界分布が鋭化され、磁気記録媒体の遷移領域(磁化反転領域)が狭くなり、高記録密度が可能になる。

【0023】再生波形も、図4に示すように鋭化され、PW50値が小さくなり、高記録密度が可能になる。図4において、再生波形は、薄膜磁気ヘッドを使用して磁気記録媒体に記録した信号を、同じ薄膜磁気ヘッドで再生した場合の波形であり、横軸に時間軸をとり、縦軸に瞬時値 e と最大値 E_m との比(e/E_m)を百分率で表示してある。PW50は(e/E_m)が50%になるパルス幅を示している。PW50値は再生波形の鋭化の程度を示し、PW50値が小さければ再生波形は鋭くなり、大きくなれば鈍化する。図4の特性L1は従来の薄膜磁気ヘッドの再生波形、特性L2は本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの再生波形である。L11、L12はアンダーシュートを示している。図示するように、本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの再生波形L2は、従来の薄膜磁気ヘッドの再生波形L1よりも鋭化されており、PW50値が小さくなっている。

【0024】しかも、再生時には、ボール部P1、P2の磁気特性を、磁気記録媒体の走行方向 a に徐々に低下させたのと実質的に同様の作用が得られる。このため、図4に示すごとく、本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの再生波形L2には、従来の薄膜磁気ヘッド特性L2に現れていたアンダーシュートL11、L12が殆どなくなり、パーシャルレスポンス法が適用できるようになる。

【0025】また、ボール部P1、P2は先端部が部分的に削除されるのみで、削除された部分以外の大部分は、 $3\mu\text{m}$ 程度の本来のボール部厚みを保持しているから、書き込み能力を確保できる。このため、オーバーライト特性を犠牲にすることがない。

【0026】凹部105、106による削除の後退量 d_1 、 d_2 は $0.001\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ の範囲に設定する。後退量 d_1 、 d_2 が $5\mu\text{m}$ を超えるとオーバーライト特性が劣化し、 $0.001\mu\text{m}$ 以下ではPW50値が急激に大きくなるからである。

【0027】下部ボール部P1及び上部ボール部P2の先端厚みPL1、PL2が $1\mu\text{m}$ 以下であり、ボール部P1、P2のそれぞれの先端厚みPL1、PL2と、ギャップ膜22の厚み g_1 との総和($PL1+PL2+g_1$)が $2.5\mu\text{m}$ 以下となるように選定されているので、上述の磁界分布、再生波形の鋭化及びアンダーシュ

ートの抑制作用が一層顕著になる。この点について、図5～図12として添付するデータを参照して説明する。

【0028】図5は先端厚みPL1、PL2の和($PL1+PL2$)と、PW50値との関係を示すデータである。このデータが示すように、($PL1+PL2$)が $2\mu\text{m}$ 以下になると、PW50値が急激に小さくなる。この種の薄膜磁気ヘッドでは、ギャップ膜22の厚みが $0.25\sim 0.5\mu\text{m}$ であるから、先端厚みPL1、PL2と、ギャップ膜22の厚み g_1 との総和($PL1+PL2+g_1$)が $2.5\mu\text{m}$ 以下であれば、PW50値の小さい高記録密度に適した薄膜磁気ヘッドが得られる。しかも、($PL1+PL2+g_1$)を $2.5\mu\text{m}$ 以下に設定した場合でも、図8に示すように、オーバーライト特性が劣化することがない。十分な書き込み能力を確保できる。

【0029】図6は下部ボール部P1の先端厚みPL1とPW50値との関係を示すデータ、図7は上部ボール部P2の先端厚みPL2とPW50値との関係を示すデータである。図6に示されるように、下部ボール部P1の先端厚みPL1を小さくすると、PW50値が次第に小さくなる傾向を示すが、それほど急激な改善効果は得られない。これに対して、図7に示すように、上部ボール部P2の先端厚みPL2が $1\mu\text{m}$ 以下になると、PW50値が急激に小さくなる。即ち、PW50値の改善に関しては、上部ボール部P2の先端厚みPL2が支配的である。

【0030】図9は上部ボール部P2の先端厚みPL2とオーバーライト特性との関係を示すデータ、図10は下部ボール部P1の先端厚みPL1とオーバーライト特性との関係を示すデータである。図9に示すように、上部ボール部P2の先端厚みPL2が $1\mu\text{m}$ 以下になると、オーバーライト特性が急激に劣化する。これに対して、図10に示すように、下部ボール部P1の先端厚みPL1を小さくしても、オーバーライト特性は殆ど劣化しない。

【0031】図5～図10のデータから、上部ボール部P2の先端厚みPL2を、オーバーライト特性が劣化しない範囲で、 $1\mu\text{m}$ 以下に設定し、下部ボール部P1の先端厚みPL1を、($PL1+PL2$) $\leq 2\mu\text{m}$ を満たすように選定することにより、PW50値が小さく、オーバーライト特性に優れた薄膜磁気ヘッドが得られることがわかる。

【0032】図11は下部ボール部P1の先端厚みPL1が $3.05\mu\text{m}$ 、上部ボール部P2の先端厚みPL2が $3.16\mu\text{m}$ である従来の薄膜磁気ヘッドを用いて得られた再生波形のオシロスコープ波形図、図12は下部ボール部P1の先端厚みPL1が $0.57\mu\text{m}$ 、上部ボール部P2の先端厚みPL2が $0.85\mu\text{m}$ である本発明にかかる薄膜磁気ヘッドを用いて得られた再生波形のオシロスコープ波形図である。図11に示すように、従来の薄膜磁気ヘッドではアンダーシュートが生じている

が、本発明にかかる薄膜磁気ヘッドは、図12から明らかのように、アンダーシュートが殆ど認められず、しかもPW50値が小さくなっている。

【0033】図13は本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの更に別の実施例を示す。この実施例では、下部ボール部P1及び上部ボール部P2の周囲に凹部107を設け、ギャップ膜22のある方向とは反対側が部分的に削除されている他、幅方向の両端が部分的に削除されている。下部ボール部P1及び上部ボール部P2のボール部幅W1は、幅方向の両端に置おける削除位置によって定まる。

【0034】上述のように、下部ボール部P1及び上部ボール部P2は、幅方向の両端が部分的に削除されているから、幅方向の両端に置おける削除位置によって、ボール部幅W1を調整し、例えば高記録密度に対応するための狭幅化等を容易に実現できる。

【0035】また、フォトリソグラフィによるパターンニング誤差を生じたような場合にも、幅方向の両端に置おける削除位置の選択、調整によって、ボール部幅W1を所定値に設定し、歩留を向上させることができる。要求されるボール部幅W1が異なる場合でも、一枚のマスクを使用してパターンニングし、その後削除の位置や幅の調整によってボール部幅W1を所定値に設定できる。このため、各ボール部幅W1に応じたマスクが必要でなくなり、一枚のマスクでボール部を形成でき、コストが安価になると共に、歩留が向上する。

【0036】図14は本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの更に別の実施例を示す部分拡大斜視図であり、凹部107は3方が開放されている。

【0037】図15は本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの更に別の実施例における斜視図であり、スライダ1は媒体対向面がレール部を持たない平面状の空気ベアリング面103となっている。薄膜磁気変換素子2はスライダ1の幅方向の中央部に配置されている。

【0038】図16は本発明にかかる薄膜磁気ヘッドの更に別の実施例における斜視図であり、図15の実施例と同様に、スライダ1は媒体対向面がレール部を持たない平面状の空気ベアリング面103となっている。薄膜磁気変換素子2はスライダ1の幅方向の一方側に寄せて配置されている。

【0039】以上、好適な具体的実施例を参照して本発明を詳説したが、本発明の本質及び範囲から離れることなく、その形態と細部において、種々の変形がなされ得ることは、当業者にとって明らかである。

【0040】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、次のような効果が得られる。

(a) ギャップ膜を介して対向する下部ボール部及び上部ボール部のそれぞれの先端部は、ギャップ膜のある方向とは反対側が部分的に削除されているから、磁界分布

及び再生波形を鋭化し、高記録密度再生対応を図った薄膜磁気ヘッドを提供できる。

(b) 下部ボール部及び上部ボール部のそれぞれは、ギャップ膜のある方向とは反対側が部分的に削除されているから、アンダーシュートが無視できる程度に弱められ、パーシャルレスポンス法の適用可能な薄膜磁気ヘッドを提供できる。

(c) ボール部は先端部が部分的に削除されるのみで、削除された部分以外は、本来のボール部厚みを保持しているから、オーバライト特性を犠牲にすることがない。

(d) 下部ボール部及び上部ボール部のそれぞれは、先端厚みが1μm以下で、それぞれの先端厚みとギャップ膜の厚みとの総和が2.5μm以下であるから、磁界分布、再生波形の鋭化及びアンダーシュート抑制作用の特に顕著な薄膜磁気ヘッドを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの斜視図である。

【図2】図1に示した薄膜磁気ヘッドの磁気変換素子部分の拡大斜視図である。

【図3】図1に示した薄膜磁気ヘッドの磁気変換素子部分の拡大断面図である。

【図4】図1～図3に示した薄膜磁気ヘッドのボール部の拡大図とその作用を説明する図である。

【図5】ボール部の先端厚みの和(PL1+PL2)と、PW50値との関係を示すデータである。

【図6】下部ボール部の先端厚みPL1とPW50値との関係を示すデータである。

【図7】上部ボール部の先端厚みPL2とPW50値との関係を示すデータである。

【図8】ボール部の先端厚みの和(PL1+PL2)と、オーバライト特性との関係を示すデータである。

【図9】下部ボール部の先端厚みPL1とオーバライト特性との関係を示すデータである。

【図10】上部ボール部の先端厚みPL2とオーバライト特性との関係を示すデータである。

【図11】従来の薄膜磁気ヘッドを用いて得られた再生波形のオシロスコープ波形図である。

【図12】本発明にかかる薄膜磁気ヘッドを用いて得られた再生波形のオシロスコープ波形図である。

【図13】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの別の実施例における磁気変換素子部分の拡大斜視図である。

【図14】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの別の実施例における磁気変換素子部分の拡大斜視図である。

【図15】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの別の実施例を示す斜視図である。

【図16】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの別の実施例を示す斜視図である。

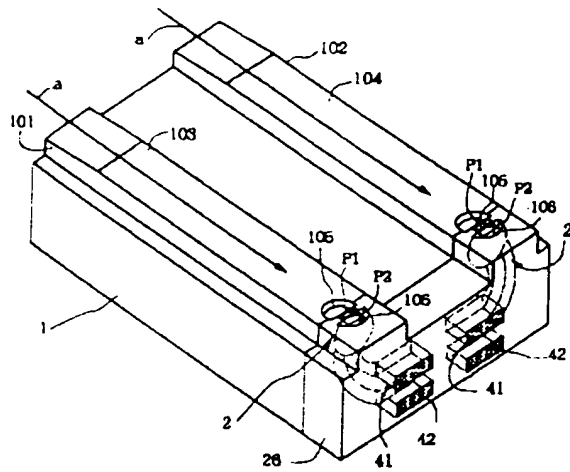
【符号の説明】

1 スライダ
103、104 空気ベアリング面

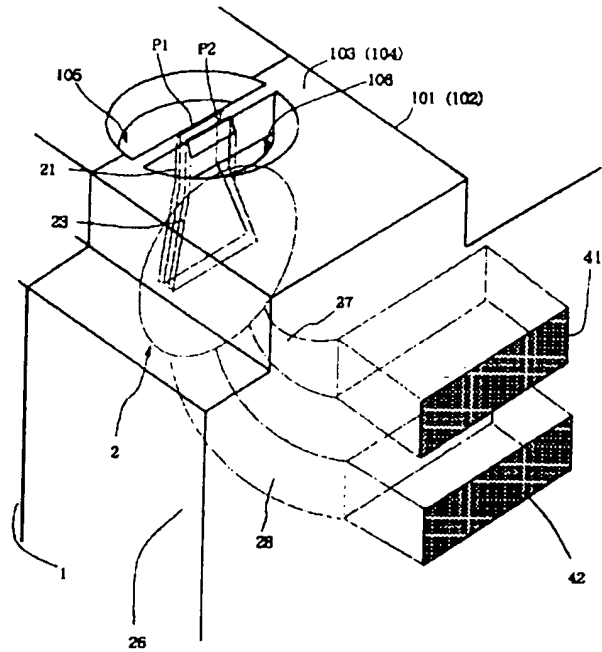
2 磁気変換素子
 21 下部磁性膜
 P1 下部ポール部
 22 ギャップ膜

23 上部磁性膜
 P2 上部ポール部
 24 コイル

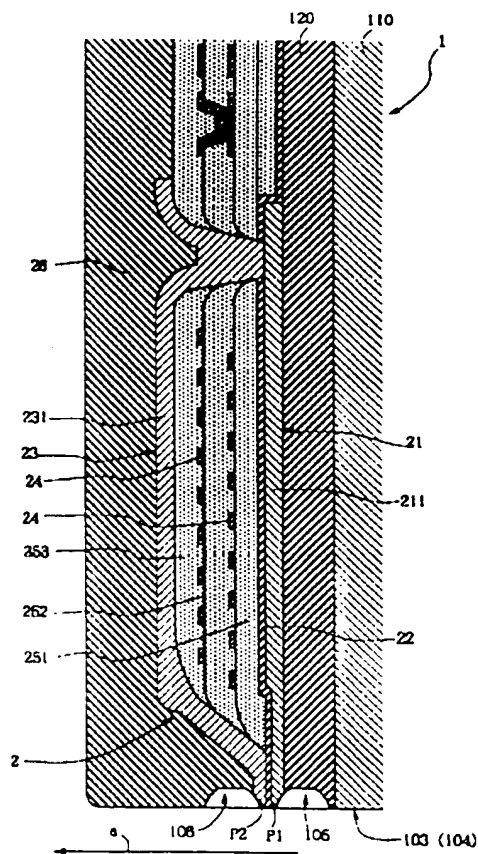
【図1】



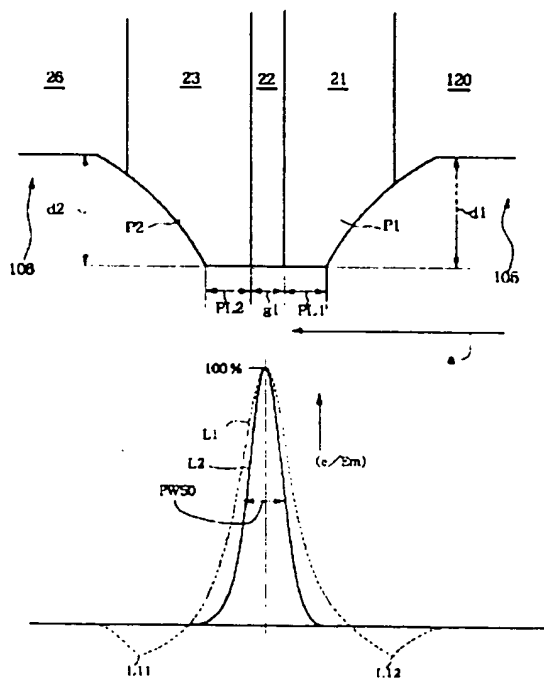
【図2】



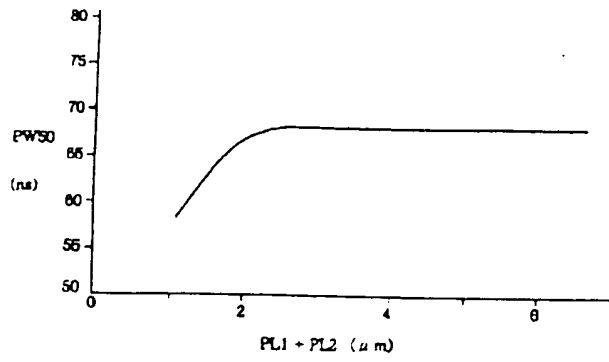
【図3】



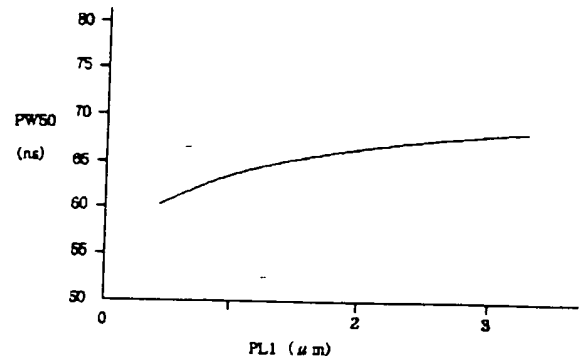
【図4】



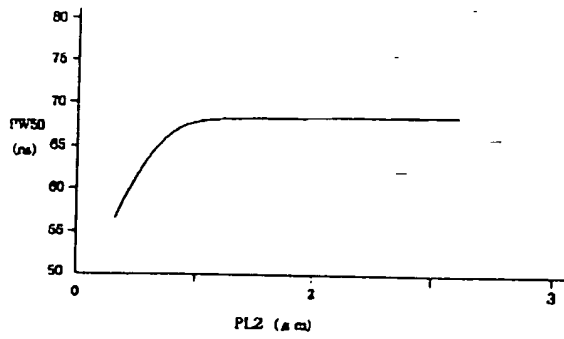
【図5】



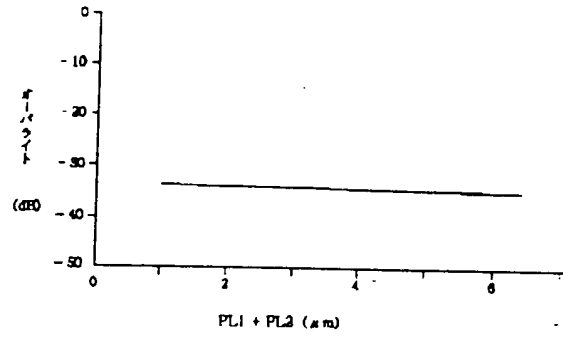
【図6】



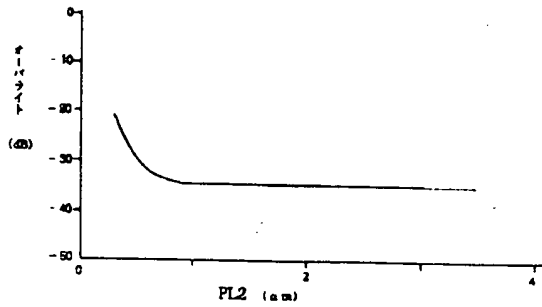
【図7】



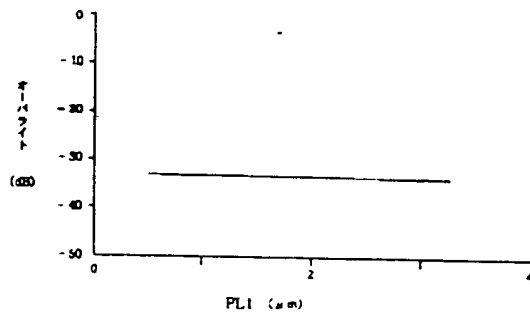
【図8】



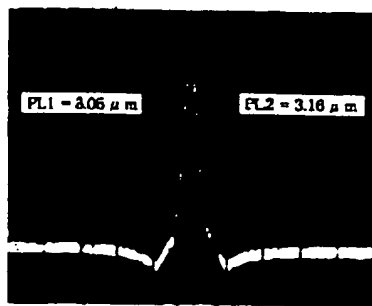
【図9】



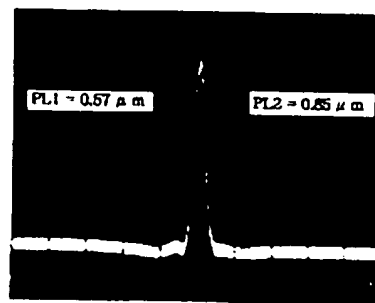
【図10】



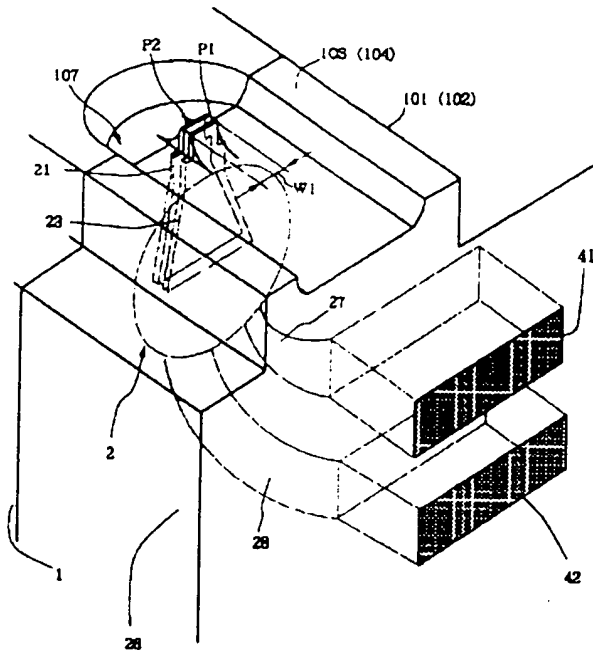
【図11】



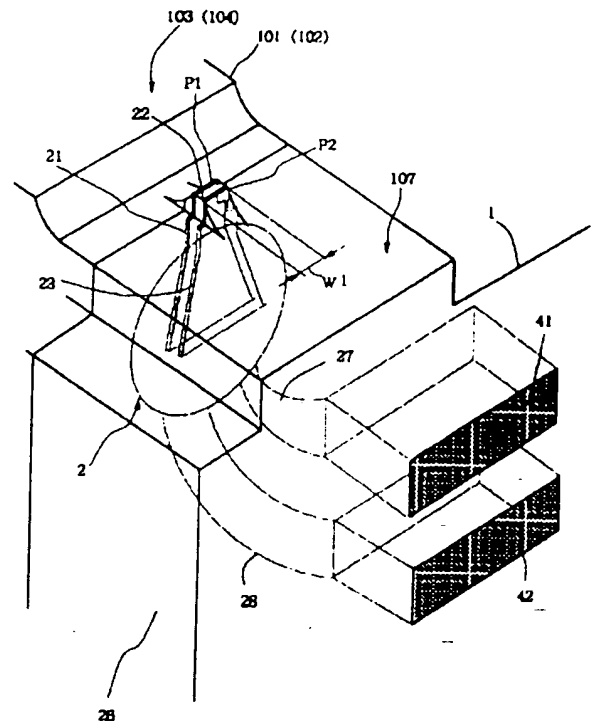
【図12】



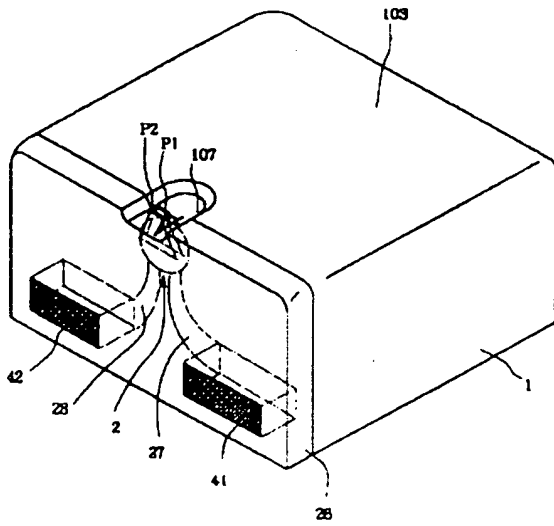
【図13】



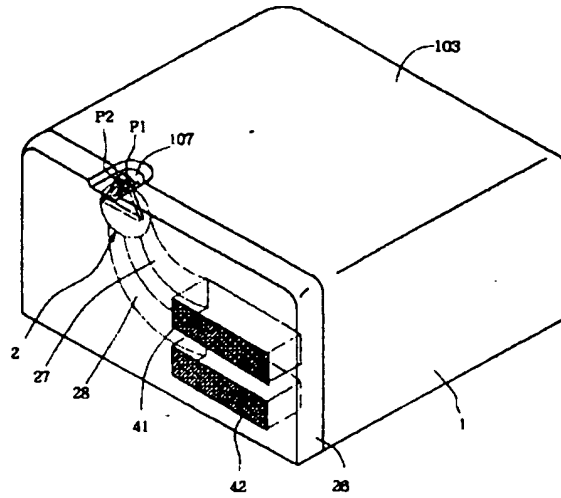
【図14】



【図15】



【図16】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.